

Félix Clément
Kevin Pronovost
Winner Mazonzika Pindi
Aka Davy Miles Bagui Zabri
Toky Rasolonjatovo

Groupe :00

Mathématiques pour
Informaticiens II
PIF1006

Travail Pratique #2

Matrices et systèmes d'équations linéaires

Travail présenté à

Adam Joly

Département de mathématiques et d'informatique

Université du Québec à Trois-Rivières

Remis le 26 novembre 2021

Introduction

Nous avons programmé une application console qui nous permet d'apprécier la relation qui existe entre une ou plusieurs matrices et les différentes opérations que celle/ceux-ci peuvent entretenir. On peut y voir les opérations de base sur les matrices et aussi des systèmes d'équations linéaires à un ou plusieurs inconnus comme par exemple : Système de Cramer, Inversion matricielle et la Méthode de Jacobi.

Rôle

Pour ce travail, nous nous sommes dit que nous allions effectuer le travail tous ensemble lors de différentes rencontres sur *Discord*. Nous avons utilisé la fonctionnalité de partage d'écran de cette merveilleuse application afin de pouvoir s'entraider. Ainsi, il n'y a aucun rôle attribué, car pour les raisons évoquées plus haut, nous avons effectué le travail en équipe. Cette façon de travailler a permis à chaque membre de l'équipe d'approfondir ses connaissances sur le langage de programmation *C#*.

Instruction spéciale d'exécution

Il se peut que la console affiche un message d'erreur si on tente d'entrer un nombre décimal où la partie entière est séparé de la partie décimale par un point. Si cela se produit, veuillez utiliser une virgule à la place du point.

```
E:\UQTR\Automne 2021\Math pour informaticiens 2\Devoir\TP 2\Travail_Pratique_Matrice\bin\Debug\net5.0\Trav
Veuillez entrer le nombre de rangée : 2
Veuillez entrer le nombre de colonne : 2
Veuillez entrer la valeur à la position [1, 1] de la matrice : 1.1
Vous n'avez pas entré un nombre
Veuillez entrer la valeur à la position [1, 1] de la matrice : 1,1
Veuillez entrer la valeur à la position [1, 2] de la matrice :
```

Les tests

Notre programme contient 41 tests unitaires pour tester différentes fonctionnalités d'opérations matricielles.

TestMatrix (41)	28 ms	IsSquare	< 1 ms
TestMatrix (41)	28 ms	MatriceInverse1	3 ms
MatrixTest (41)	28 ms	MatriceInverse1X1	4 ms
Addition1	3 ms	MatriceInverseImpossible	< 1 ms
Addition2	< 1 ms	Multiplication	< 1 ms
CoMatrice1	3 ms	Multiplication1	< 1 ms
CoMatrice1X1	< 1 ms	Multiplication2	< 1 ms
CoMatrice2	3 ms	ProduitScalaire1	< 1 ms
CoMatriceEtTranspose	3 ms	ProduitScalaire2	3 ms
Determinant1X1	< 1 ms	Trace1	< 1 ms
Determinant2X2	< 1 ms	Trace2	< 1 ms
Determinant3X3	< 1 ms	Transpose1	< 1 ms
Determinant5X5	< 1 ms	Transpose2	< 1 ms
DeterminantNull	< 1 ms	TriangleInférieur	< 1 ms
Diagonale	3 ms	TriangleInférieurStrict	< 1 ms
Diagonale1X1	< 1 ms	TriangleSupérieur	< 1 ms
ErrorAddition	< 1 ms	TriangleSupérieurStrict	< 1 ms
InvalidMultiplication	< 1 ms	Triangulaire	< 1 ms
IsNotSquare	< 1 ms	Triangulaire1X1	< 1 ms
IsntRegular	< 1 ms	TriangulaireInvalid	< 1 ms
IsntRegular1X1	< 1 ms	TriangulaireStrict	< 1 ms
IsRegular	3 ms		
IsRegular1X1	< 1 ms		

Il n'y a pas de test pour la multiplication de matrice à plusieurs matrices. Dans le guide utilisateur (voir plus bas), il y a présence d'un produit matricielle avec 3 matrices. Voici le résultat du produit matriciel de 6 matrices (soit 5 opérations) :

```
c:\E:\UQTR\Automne 2021\Math pour informaticiens 2\Devoir\TP 2\Travail_Pratiq
La multiplication c'est effectué en 5 opérations. CQFD
La matrice résultante est :
| 67776272,904 | 42649352,213999994 |
| 36620989,688 | 23044665,258 |

Press any key to continue...
```

$$A = \begin{bmatrix} 7 & 2 \\ 4 & 1 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 & 0.2 \\ 4 & 5 \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} 4 & 54 \\ 08 & 23 \end{bmatrix}$$

$$D = \begin{bmatrix} 81 & 12 \\ 28 & 3.37 \end{bmatrix}$$

$$A \cdot B \cdot D \cdot A \cdot C \cdot C = \begin{bmatrix} 6.7776 \times 10^7 & 4.2049 \times 10^7 \\ 3.6021 \times 10^7 & 2.3045 \times 10^7 \end{bmatrix}$$

Nouvelle matrice

effacer

A	B	C	D	7	8	9	÷	()
E	F	G	H	4	5	6	×	←	→
A ²	A ⁻¹	A ^T	A ⁿ	1	2	3	+	✖	
rref	det	trace		0	.	√	-	↩	

On peut constater qu'on obtient les mêmes valeurs. (Nous avons utilisé les mêmes matrices dans notre programme.)

Source :

<https://www.desmos.com/matrix?lang=fr>

Pour ce qui est des systèmes d'équations linéaires, il n'y a pas de tests unitaires pour les tester. Cependant, voici une preuve que peut importe la méthode de résolution utilisé, le résultat est le même à environ 1 X 10¹⁵ décimales près.

```

E:\UQTR\Automne 2021\Math pour informaticiens 2\Devoir\TP 2\Travail_Pratique_Matrice\bin\Debug\net5.0\Travail_Pratique_Matrice.exe
Résolution par la méthode de Cramer :
x1 = 35,714285714285715
x2 = 42,857142857142854
x3 = 35,714285714285715
La résolution d'équation c'est effectué en 00:00:00.0000073

Résolution par la méthode de l'inverse matricielle :
x1 = 35,714285714285715
x2 = 42,85714285714285
x3 = 35,71428571428571
La résolution d'équation c'est effectué en 00:00:00.0000322

Résolution par la méthode de Jacobi :
Veuillez entrer la valeur d'epsilon : 0,000000000000001

x1 = 35,714285714285715
x2 = 42,85714285714286
x3 = 35,714285714285715
La résolution d'équation c'est effectué en 00:00:00.0000122

Press any key to continue...

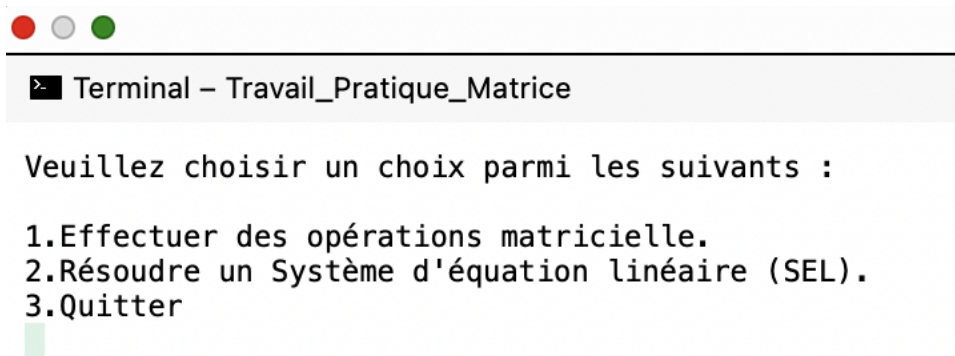
```

Guide utilisateur

Le menu Principal

Le menu apparaît à l'ouverture de l'application. Il permet à l'utilisateur de voir le menu Matrice et le menu SEL. C'est commande sont :

1. Effectuer des opérations matricielles
2. Résoudre un système d'équation linéaire (SEL)
3. Quitter le programme



Le menu Matrice

Le menu principal apparaît, ensuite on choisit l'option 1 et on entre notre matrice et après on peut accéder à ce menu. Il permet à l'utilisateur d'effectuer différentes commandes. C'est commande sont :



 Terminal – Travail_Pratique_Matrice

```
Veillez entrer le nombre de rangée : 2
Veillez entrer le nombre de colonne : 2
Veillez entrer la valeur à la position [1, 1] de la matrice : 1

Veillez entrer la valeur à la position [1, 2] de la matrice : 2
Veillez entrer la valeur à la position [2, 1] de la matrice : 3
Veillez entrer la valeur à la position [2, 2] de la matrice : 4

Veillez choisir un choix parmi les suivants :
1.Ajouter une matrice.

2.Additionner.

3.Produit Scalaire

4.Multipllication

5.Triangularité de la matrice

6.Trace

7.Déterminant

8.Transposer la matrice

9.Obtenir la CoMatrice

10.Obtenir la matrice inverse

11.Vérification si c'est une matrice carrée

12.Vérification si la matrice est régulière

13.Modifier une matrice existante

14.Visualiser une matrice

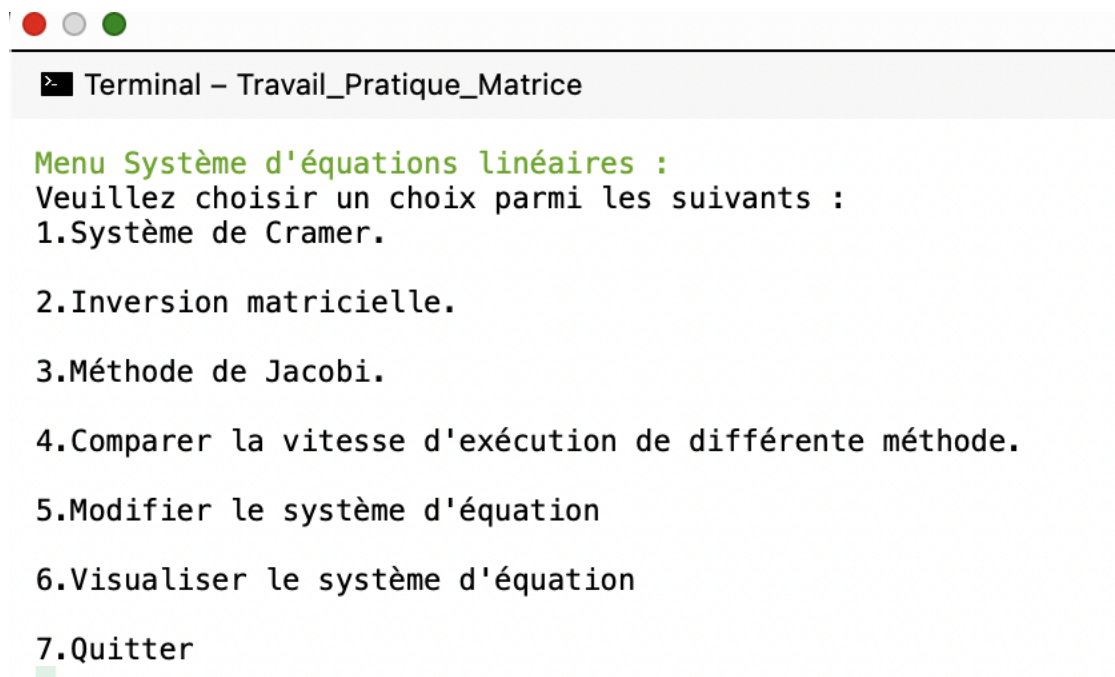
15.Quitter
```

Le menu SEL

Le menu apparaît après le choix 2. Il permet à l'utilisateur d'effectuer différentes commandes. C'est commande sont :

1. Système de Cramer
2. Inversion matricielle
3. Méthode de Jacobi
4. Comparer la vitesse d'exécution de différentes méthodes
5. Modifier le système d'équation
6. Visualiser le système d'équation
7. Quitter

Ces commandes seront détaillées plus bas dans ce document.



```
> Terminal – Travail_Pratique_Matrice

Menu Système d'équations linéaires :
Veuillez choisir un choix parmi les suivants :
1.Système de Cramer.

2.Inversion matricielle.

3.Méthode de Jacobi.

4.Comparer la vitesse d'exécution de différente méthode.

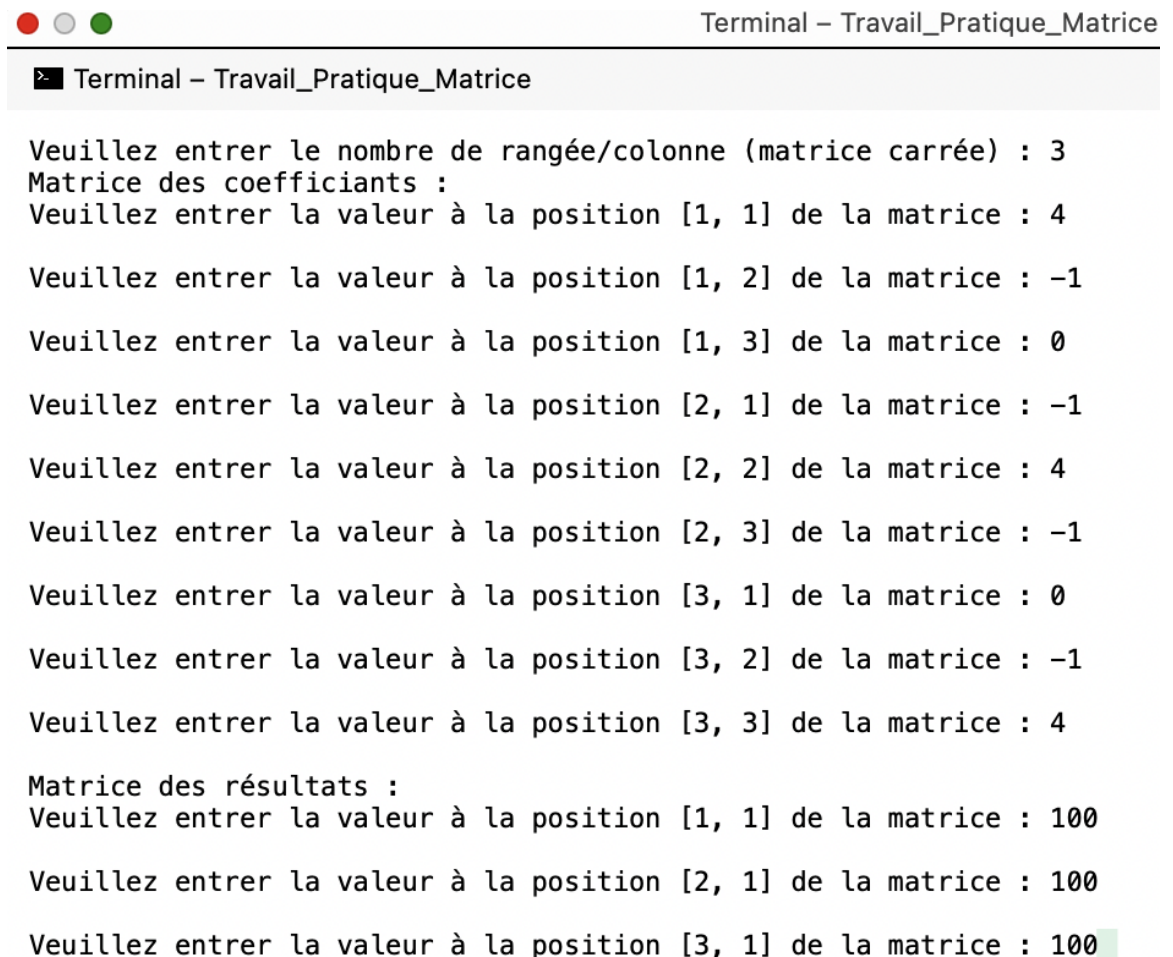
5.Modifier le système d'équation

6.Visualiser le système d'équation

7.Quitter
```

La création du SEL ($AX = B$)

1. L'utilisateur est invité à entrer une matrice carrée qui aura comme nom la matrice des coefficients(A) et la matrice des résultats(B)



```
Terminal – Travail_Pratique_Matrice
➤ Terminal – Travail_Pratique_Matrice

Veuillez entrer le nombre de rangée/colonne (matrice carrée) : 3
Matrice des coefficients :
Veuillez entrer la valeur à la position [1, 1] de la matrice : 4
Veuillez entrer la valeur à la position [1, 2] de la matrice : -1
Veuillez entrer la valeur à la position [1, 3] de la matrice : 0
Veuillez entrer la valeur à la position [2, 1] de la matrice : -1
Veuillez entrer la valeur à la position [2, 2] de la matrice : 4
Veuillez entrer la valeur à la position [2, 3] de la matrice : -1
Veuillez entrer la valeur à la position [3, 1] de la matrice : 0
Veuillez entrer la valeur à la position [3, 2] de la matrice : -1
Veuillez entrer la valeur à la position [3, 3] de la matrice : 4

Matrice des résultats :
Veuillez entrer la valeur à la position [1, 1] de la matrice : 100
Veuillez entrer la valeur à la position [2, 1] de la matrice : 100
Veuillez entrer la valeur à la position [3, 1] de la matrice : 100
```


2. L'utilisateur est invité à choisir la méthode résolution de système désirée ou modifier le système d'équation.

```
Terminal – Travail_Pratic
Terminal – Travail_Pratique_Matrice

Menu Système d'équations linéaires :
Veuillez choisir un choix parmi les suivants :
1.Système de Cramer.

2.Inversion matricielle.

3.Méthode de Jacobi.

4.Comparer la vitesse d'exécution de différente méthode.

5.Modifier le système d'équation

6.Visualiser le système d'équation

7.Quitter
```

3. L'utilisateur choisi par Cramer :

```
Terminal – Travail_Pratic
Terminal – Travail_Pratique_Matrice

Résolution du système d'équation par Cramer !!
Les valeurs de X pour résoudre le système d'équation sont :
| 35.714285714285715 |
| 42.857142857142854 |
| 35.714285714285715 |
x1 = 35.714285714285715
x2 = 42.857142857142854
x3 = 35.714285714285715

Press any key to continue...
```


4. L'utilisateur choisi par Inversion matricielle :

```
Terminal – Travail_Pratique_M  
Terminal – Travail_Pratique_Matrice  
Résolution du système d'équation par Inversion Matricielle !!  
Les valeurs de X pour résoudre le système d'équation sont :  
| 35.714285714285715 |  
| 42.85714285714285 |  
| 35.71428571428571 |  
x1 = 35.714285714285715  
x2 = 42.85714285714285  
x3 = 35.71428571428571  
  
Press any key to continue...
```

5. L'utilisateur choisi par la méthode de Jacobi :

```
Terminal – Travail_Pratique_M  
Terminal – Travail_Pratique_Matrice  
Veuillez entrer la valeur d'epsilon : 0,0000000000000001  
  
Les valeurs de X pour résoudre le système d'équation sont :  
| 35.6689453125 |  
| 42.83447265625 |  
| 35.7086181640625 |  
x1 = 35.6689453125  
x2 = 42.83447265625  
x3 = 35.7086181640625  
  
Press any key to continue...
```

6. L'utilisateur choisi de voir toutes les méthodes ensemble :



```
Terminal - Travail_Pratique
> Terminal - Travail_Pratique_Matrice

Résolution par la méthode de Cramer :
x1 = 35.714285714285715
x2 = 42.857142857142854
x3 = 35.714285714285715
La résolution d'équation c'est effectué en 00:00:00.0002044

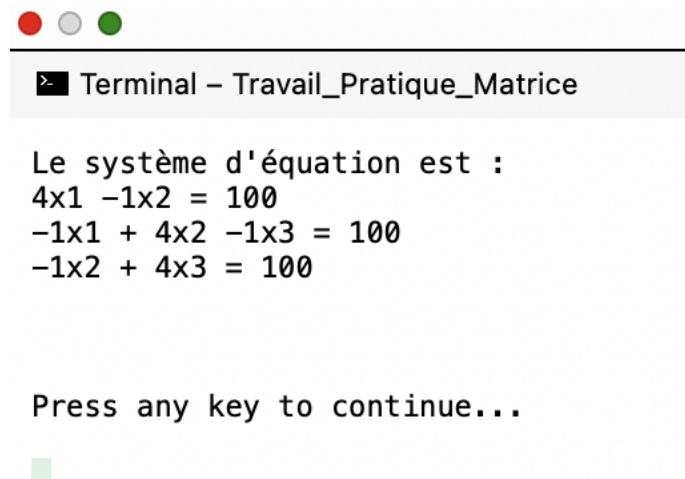
Résolution par la méthode de l'inverse matricielle :
x1 = 35.714285714285715
x2 = 42.85714285714285
x3 = 35.71428571428571
La résolution d'équation c'est effectué en 00:00:00.0000928

Résolution par la méthode de Jacobi :
Veuillez entrer la valeur d'epsilon : 0,0000000000000001

x1 = 35.6689453125
x2 = 42.83447265625
x3 = 35.7086181640625
La résolution d'équation c'est effectué en 00:00:00.0000249

Press any key to continue...
```

7. L'utilisateur choisi de voir le système d'équation linéaire :

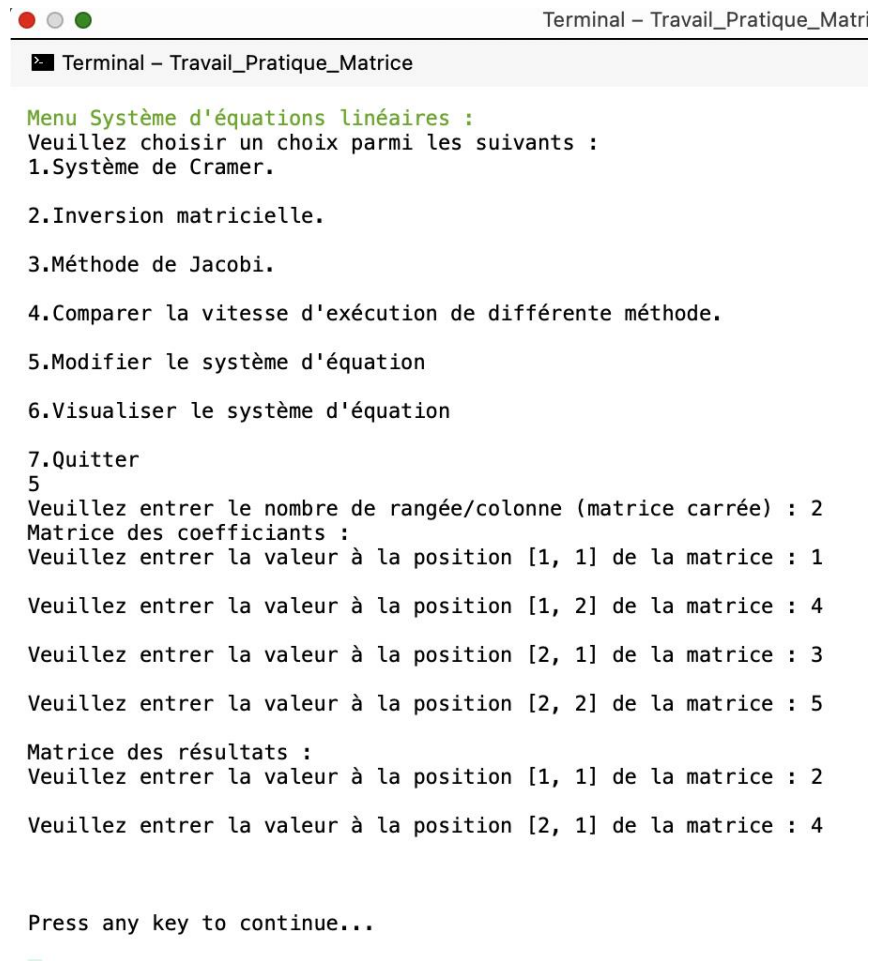


```
Terminal – Travail_Pratique_Matrice

Le système d'équation est :
4x1 -1x2 = 100
-1x1 + 4x2 -1x3 = 100
-1x2 + 4x3 = 100

Press any key to continue...
```

8. L'utilisateur choisi de modifier son équation linéaire :



```
Terminal – Travail_Pratique_Matrice

Menu Système d'équations linéaires :
Veuillez choisir un choix parmi les suivants :
1.Système de Cramer.
2.Inversion matricielle.
3.Méthode de Jacobi.
4.Comparer la vitesse d'exécution de différente méthode.
5.Modifier le système d'équation
6.Visualiser le système d'équation
7.Quitter
5
Veuillez entrer le nombre de rangée/colonne (matrice carrée) : 2
Matrice des coefficients :
Veuillez entrer la valeur à la position [1, 1] de la matrice : 1
Veuillez entrer la valeur à la position [1, 2] de la matrice : 4
Veuillez entrer la valeur à la position [2, 1] de la matrice : 3
Veuillez entrer la valeur à la position [2, 2] de la matrice : 5
Matrice des résultats :
Veuillez entrer la valeur à la position [1, 1] de la matrice : 2
Veuillez entrer la valeur à la position [2, 1] de la matrice : 4

Press any key to continue...
```

Cas du déterminant nul

1. L'utilisateur est invité à entrer une matrice carrée qui aura comme nom la matrice des coefficients(A) et la matrice des résultats(B)

```
Terminal – Travail_Pratique_Matrice
> Terminal – Travail_Pratique_Matrice

Veuillez entrer le nombre de rangée/colonne (matrice carrée) : 3
Matrice des coefficients :
Veuillez entrer la valeur à la position [1, 1] de la matrice : -1
Veuillez entrer la valeur à la position [1, 2] de la matrice : 3
Veuillez entrer la valeur à la position [1, 3] de la matrice : 2
Veuillez entrer la valeur à la position [2, 1] de la matrice : 1
Veuillez entrer la valeur à la position [2, 2] de la matrice : 1
Veuillez entrer la valeur à la position [2, 3] de la matrice : 0
Veuillez entrer la valeur à la position [3, 1] de la matrice : 1
Veuillez entrer la valeur à la position [3, 2] de la matrice : 1
Veuillez entrer la valeur à la position [3, 3] de la matrice : 0

Matrice des résultats :
Veuillez entrer la valeur à la position [1, 1] de la matrice : 0
Veuillez entrer la valeur à la position [2, 1] de la matrice : 0
Veuillez entrer la valeur à la position [3, 1] de la matrice : 0
```

2. L'utilisateur choisi par Cramer :

```
Terminal – Travail_Pratique_Matrice
> Terminal – Travail_Pratique_Matrice

Le déterminant est nul. Impossible d'utiliser la méthode de Cramer

Press any key to continue...
```

Cas de la matrice non strictement dominante (Jacobi)

1. L'utilisateur est invité à entrer une matrice carrée qui aura comme nom la matrice des coefficients(A) et la matrice des résultats(B)

```
Terminal – Travail_Pratique_Matrice

> Terminal – Travail_Pratique_Matrice

Veuillez entrer le nombre de rangée/colonne (matrice carrée) : 3
Matrice des coefficients :
Veuillez entrer la valeur à la position [1, 1] de la matrice : 4
Veuillez entrer la valeur à la position [1, 2] de la matrice : 2
Veuillez entrer la valeur à la position [1, 3] de la matrice : 7
Veuillez entrer la valeur à la position [2, 1] de la matrice : 2
Veuillez entrer la valeur à la position [2, 2] de la matrice : 9
Veuillez entrer la valeur à la position [2, 3] de la matrice : 4
Veuillez entrer la valeur à la position [3, 1] de la matrice : 6
Veuillez entrer la valeur à la position [3, 2] de la matrice : 7
Veuillez entrer la valeur à la position [3, 3] de la matrice : 5

Matrice des résultats :
Veuillez entrer la valeur à la position [1, 1] de la matrice : 23
Veuillez entrer la valeur à la position [2, 1] de la matrice : 56
Veuillez entrer la valeur à la position [3, 1] de la matrice : 12
```

3. L'utilisateur choisi par Jacobi :

```
Terminal – Travail_Pratique_Matrice

Terminal – Travail_Pratique_Matrice

Veuillez entrer la valeur d'epsilon : 0,0000000000000001
La convergence vers un point fixe ne peut être assuré. Impossible d'utiliser la méthode de Jacobi.

Press any key to continue...
```


Exemple multiplication de plusieurs matrices

1. L'utilisateur est invité à entrer une matrice qui aura, dans notre cas, 2x2 données.

Veillez entrer le nombre de rangée : 2

Veillez entrer le nombre de colonne : 2

Veillez entrer la valeur à la position [1, 1] de la matrice : 1

Veillez entrer la valeur à la position [1, 2] de la matrice : 2

Veillez entrer la valeur à la position [2, 1] de la matrice : 3

Veillez entrer la valeur à la position [2, 2] de la matrice : 4

Veillez choisir un choix parmi les suivants :

1.Ajouter une matrice.

2.Additionner.

3.Produit Scalaire

4.Multiplication

5.Triangularité de la matrice

6.Trace

7.Déterminant

8.Transposer la matrice

9.Obtenir la CoMatrice

10.Obtenir la matrice inverse

11.Vérification si c'est une matrice carrée

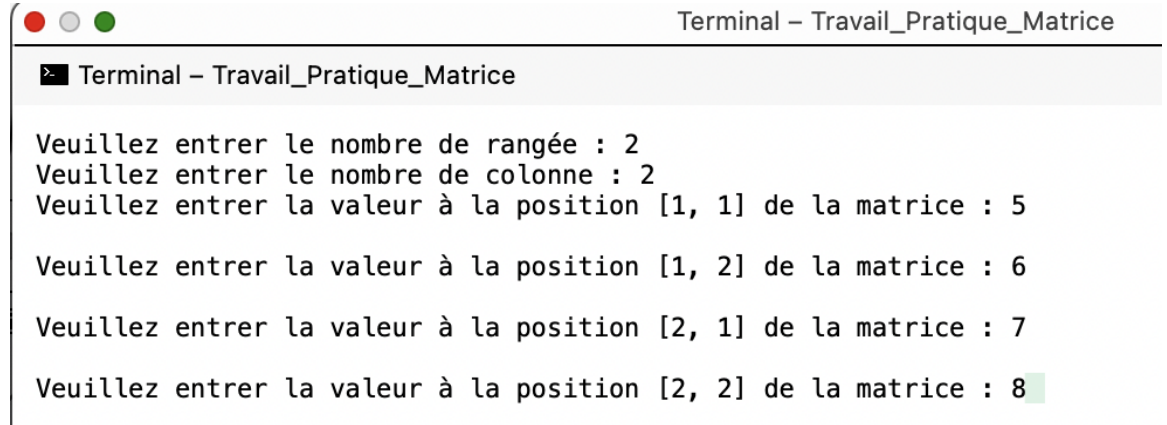
12.Vérification si la matrice est régulière

13.Modifier une matrice existante

14.Visualiser une matrice

15.Quitter

2. L'utilisateur est invité à prendre l'option 1 et ajouter une matrice qui aura, dans notre cas, aussi 2x2 données.

A terminal window titled "Terminal – Travail_Pratique_Matrice" with a standard macOS window header (red, yellow, green buttons). The terminal shows a series of prompts for entering a 2x2 matrix. The user has entered values 5, 6, 7, and 8 for the four positions respectively. The last line is highlighted with a green background.

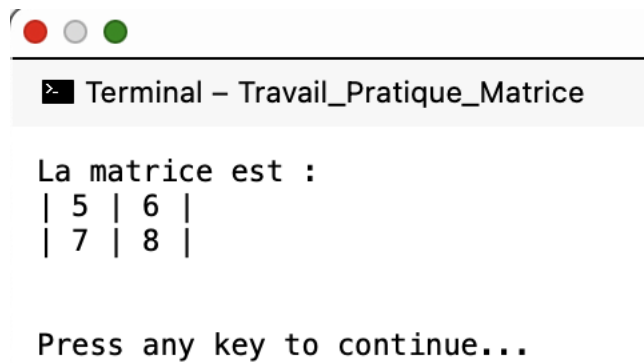
```
Terminal – Travail_Pratique_Matrice
> Terminal – Travail_Pratique_Matrice

Veuillez entrer le nombre de rangée : 2
Veuillez entrer le nombre de colonne : 2
Veuillez entrer la valeur à la position [1, 1] de la matrice : 5

Veuillez entrer la valeur à la position [1, 2] de la matrice : 6

Veuillez entrer la valeur à la position [2, 1] de la matrice : 7

Veuillez entrer la valeur à la position [2, 2] de la matrice : 8
```

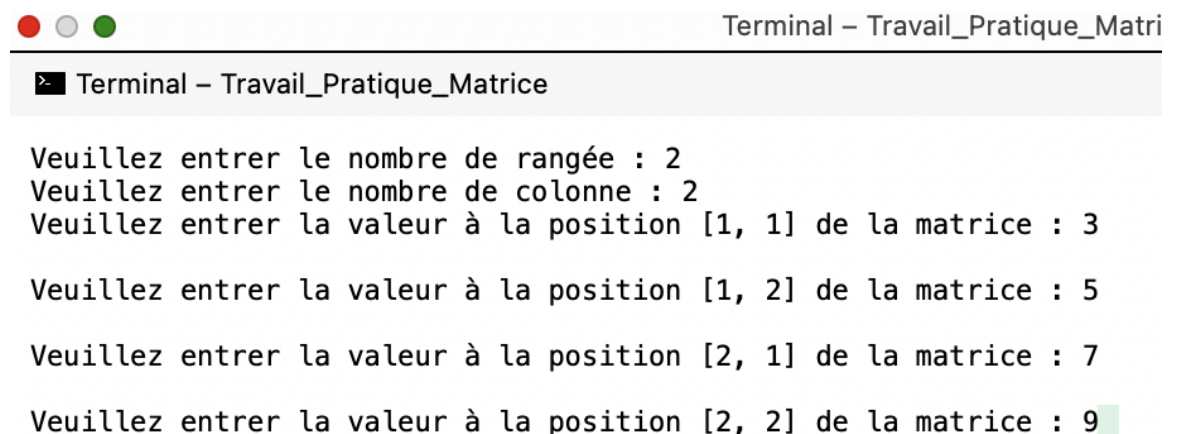
A terminal window titled "Terminal – Travail_Pratique_Matrice" with a standard macOS window header. The terminal displays the resulting 2x2 matrix in a formatted table. Below the table, it prompts the user to press any key to continue.

```
Terminal – Travail_Pratique_Matrice

La matrice est :
| 5 | 6 |
| 7 | 8 |

Press any key to continue...
```

3. L'utilisateur est invité à prendre l'option 1 et ajouter une matrice qui aura, dans notre cas, aussi 2x2 données.

A terminal window titled "Terminal – Travail_Pratique_Matrice" with a standard macOS window header. The terminal shows prompts for entering a 2x2 matrix. The user has entered values 3, 5, 7, and 9 for the four positions respectively. The last line is highlighted with a green background.

```
Terminal – Travail_Pratique_Matrice
> Terminal – Travail_Pratique_Matrice

Veuillez entrer le nombre de rangée : 2
Veuillez entrer le nombre de colonne : 2
Veuillez entrer la valeur à la position [1, 1] de la matrice : 3

Veuillez entrer la valeur à la position [1, 2] de la matrice : 5

Veuillez entrer la valeur à la position [2, 1] de la matrice : 7

Veuillez entrer la valeur à la position [2, 2] de la matrice : 9
```



```
Terminal – Travail_Pratique_Matrice

La matrice est :
| 3 | 5 |
| 7 | 9 |

Press any key to continue...
```

4. L'utilisateur est invité à prendre l'option 4(Multiplication) et choisir la première matrice avec lequel il désire faire sa multiplication. Les matrices sont représentées par les lettres de l'alphabet et sont placé dans le même ordre Donc, 1^{er} matrice égal première lettre etc....

```
Terminal – Travail_Pratique_Matrice

Terminal – Travail_Pratique_Matrice

Voici la liste des matrice :
A
B
C
Veuillez choisir la matrice sur laquelle vous voulez effectuer l'opération : █
```

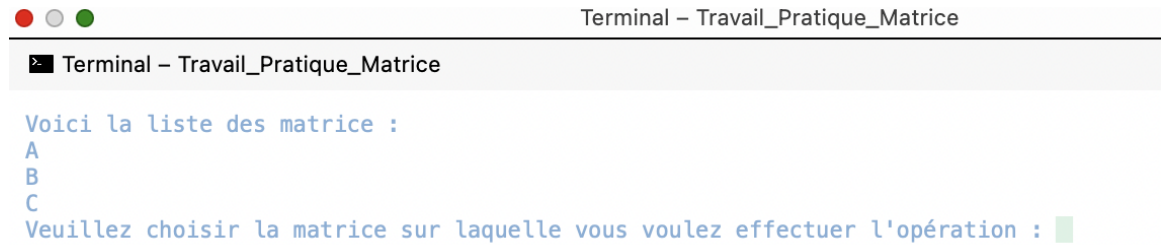
5. L'utilisateur doit choisir le nombre de matrice qu'il désire multiplier avec la première choisie.

```
Terminal – Travail_Pratique_Matrice

Terminal – Travail_Pratique_Matrice

Avec combien de matrice voulez-vous multiplier la matrice principale : █
```

6. L'utilisateur doit choisir sa deuxième matrice.

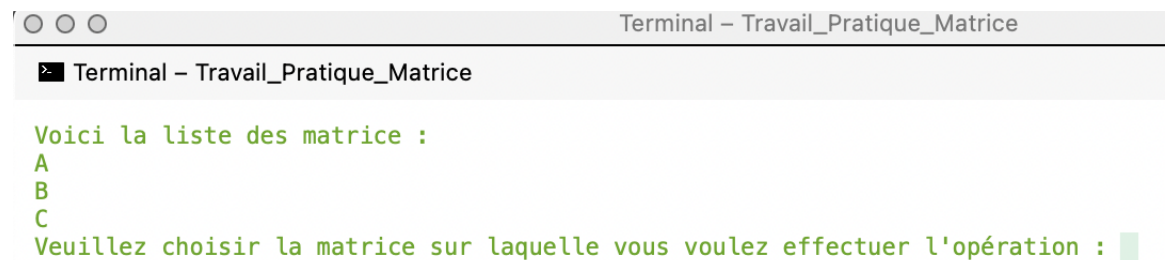


```
Terminal – Travail_Pratique_Matrice

Terminal – Travail_Pratique_Matrice

Voici la liste des matrice :
A
B
C
Veuillez choisir la matrice sur laquelle vous voulez effectuer l'opération : █
```

7. L'utilisateur doit choisir sa troisième matrice.

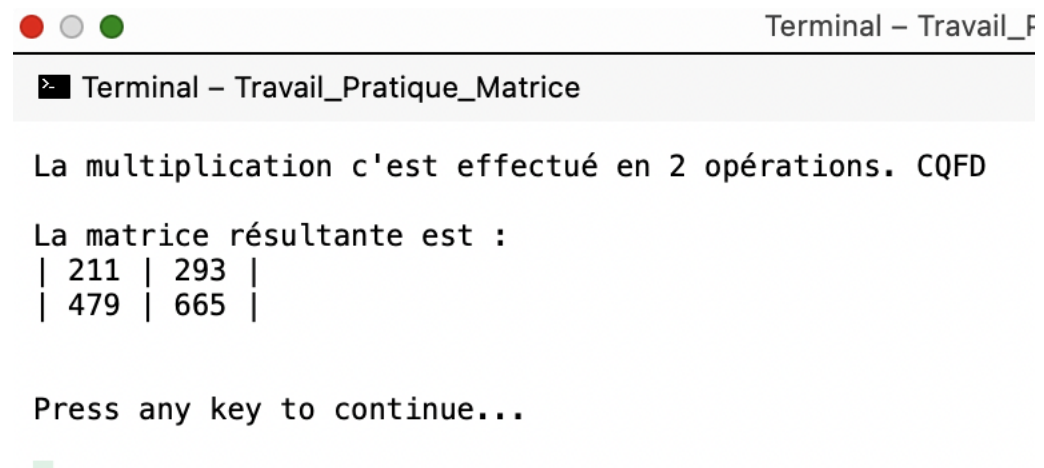


```
Terminal – Travail_Pratique_Matrice

Terminal – Travail_Pratique_Matrice

Voici la liste des matrice :
A
B
C
Veuillez choisir la matrice sur laquelle vous voulez effectuer l'opération : █
```

8. L'utilisateur voit son nombre d'opérations et son résultat.



```
Terminal – Travail_F

Terminal – Travail_Pratique_Matrice

La multiplication c'est effectué en 2 opérations. CQFD

La matrice résultante est :
| 211 | 293 |
| 479 | 665 |

Press any key to continue...
█
```